

Subsystem Design

MSPM0 MCU 上的 SPI 至 CAN 桥接器



Kalicheti Vishnuvardhan Reddy, Ashwini Gopinath, Shubham Saurabh

内容

1 简介.....	1
1.1 支持的功能.....	2
1.2 CAN 帧格式.....	2
1.3 SPI 消息帧格式.....	3
2 实施.....	4
2.1 SPI 消息格式.....	4
2.2 超时特性.....	10
2.3 错误指示.....	10
2.4 忙状态指示.....	10
2.5 消息 RAM 配置.....	10
2.6 测试环境.....	12
3 参考资料.....	12

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

控制器局域网 (CAN) 和串行外设接口 (SPI) 是现代微控制器单元 (MCU) 中两种广泛采用的通信协议。虽然 CAN 协议因其强大的错误处理能力和可靠性而在汽车应用中占据主导地位，但许多低端微控制器和传感器都不支持 CAN。相比之下，SPI 在 MCU 器件中几乎通用。为了弥补这一技术差距，SPI-CAN 接口实现了基于 SPI 的器件与 CAN 网络之间的无缝通信，使低成本传感器和微控制器能够与基于 CAN 的系统集成。

SPI-CAN 桥接器功能是通过 MSPM0G3507 器件实现，该器件用作外部 SPI 控制器和 CAN 网络之间的接口。当外部 SPI 控制器启动通信帧时，MSPM0G3507 会将其转换为 CAN 协议指令，并通过 CAN 网络进行传输。

图 1-1 展示了系统结构，并显示了 MSPM0G3507 器件与外部接口之间的互连。该器件使用 4 线制 SPI 协议与外部控制器通信，同时通过 CAN 物理层收发器 (CAN-PHY) 连接到 CAN 总线。

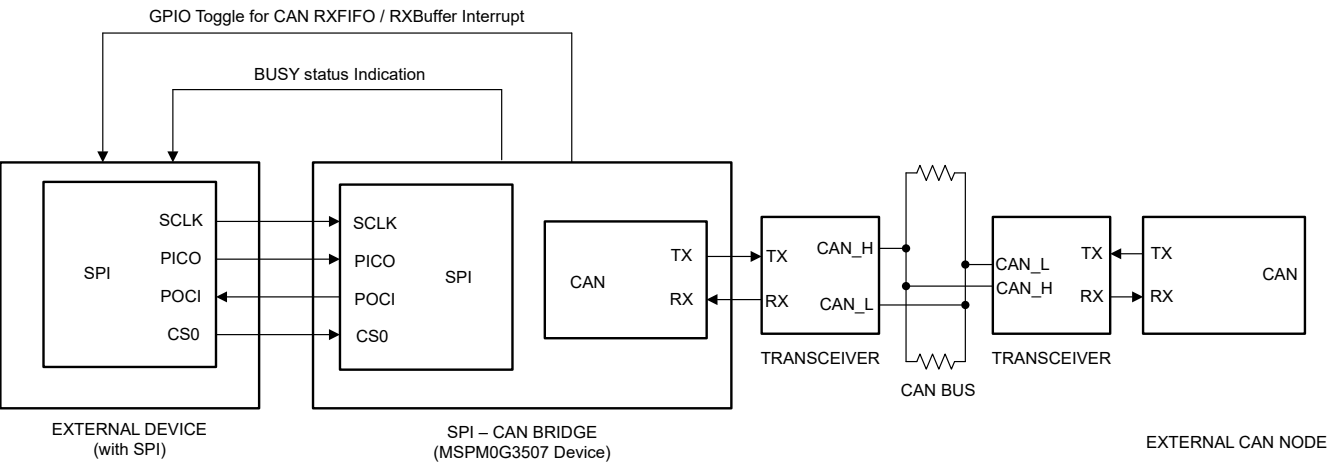


图 1-1. SPI-CAN 桥接器的方框图

1.1 支持的功能

支持 CAN FD

- 多达 1Mbps 的标称比特率，5Mbps 数据比特率
- 专用接收和发送缓冲区（每侧 4 个）
- 发送和接收 FIFO（每个深度为 4）
- 扩展和标准过滤器元素（发送和接收端各 8 个）

SPI

- 频率支持高达 8MHz
- 支持 4 线制 Motorola Phase0 Polarity0 模式

错误指示

- 指令错误和超时状态指示

SPI 至 CAN 桥接器支持经典 CAN 和 CAN-FD 格式。CAN 和 CAN-FD 帧格式之间的差异详见 [表 1-1](#)。

表 1-1. CAN 和 CAN-FD 区别

特性	CAN 2.0	CAN 2.0B	CAN FD
标识符	标准（11 位）	标准（11 位） 扩展（29 位）	标准（11 位） 扩展（29 位）
数据速率	最高 1Mbps	最高 1Mbps	最高 8Mbps
有效载荷	0-8 个字节	0-8 个字节	0-64 个字节

1.2 CAN 帧格式

CAN-FD 帧格式如 [图 1-2](#)、[图 1-3](#)、[图 1-4](#) 所示；位值为 1 时被视为隐性，值为 0 时被视为显性。

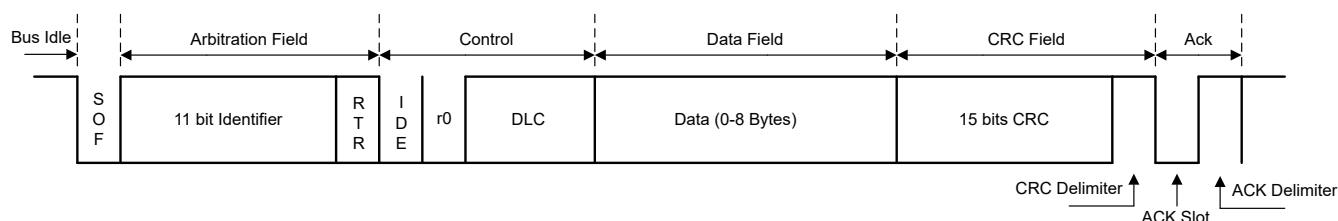


图 1-2. CAN 2.0A 帧格式

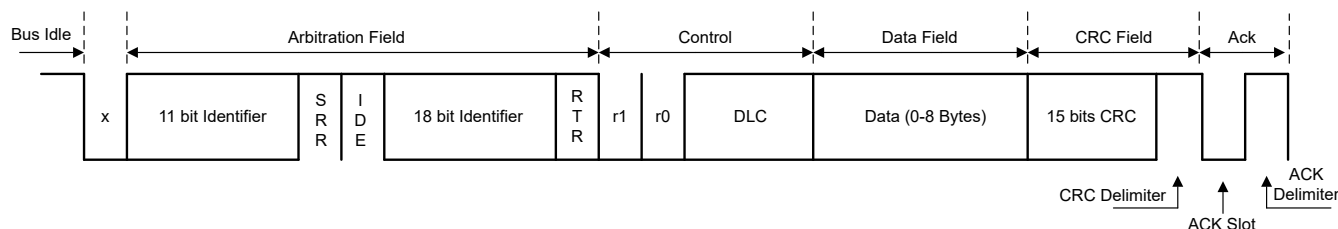


图 1-3. CAN 2.0B 帧格式

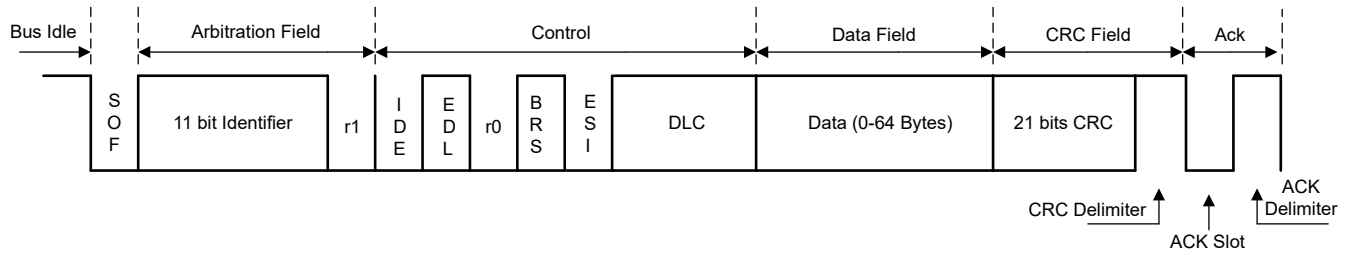


图 1-4. CAN-FD 帧格式

表 1-2. CAN-FD 帧位和定义

位	说明
SOF	帧开始
IDE	标识符扩展
FDF	FD 格式指示器
BRS	比特率切换
ESI	错误状态指示器
DLC	数据长度代码
CRC	循环冗余校验

- IDE = 隐性，表示扩展 (29 位) 标识符；IDE = 显性，表示标准 (11 位) 标识符。
- FDF = 隐性，表示 CAN-FD 格式；FDF=显性，表示 CAN 帧
- BRS=隐性，表示比特率切换到更快的速率；BRS=显性，表示速率不变

1.3 SPI 消息帧格式

SPI 是一种具有四条线路的同步通信协议：可选片选 (CS)、可选时钟 (SCLK)、外设输出控制器输入 (POCI) 以及外设输入和控制器输出 (PICO)。SPI-CAN 桥接器支持高达 8MHz 的 SPI 数据传输。SPI 帧示例如图 1-5 所示。

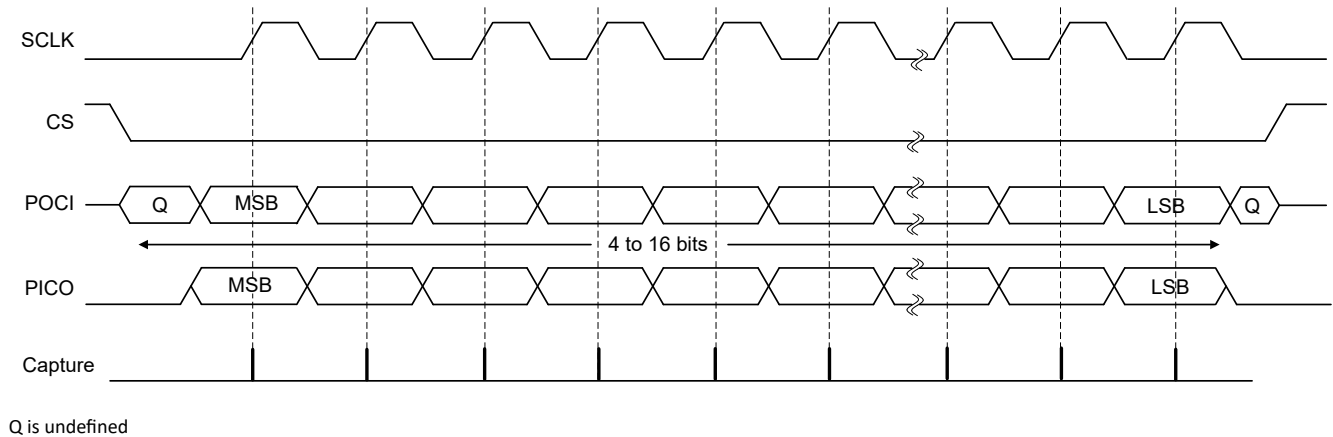


图 1-5. SPO = 0 和 SPH = 0 时的 Motorola SPI 帧格式

2 实施

SPI-CAN 桥接器应用分两个阶段配置：

1. MSPM0G3507 设置为 SPI 在外设模式下运行，而 CAN 处于事务启动模式。
2. CAN 参数和设置通过外部主控制器的 SPI 命令进行远程配置。

2.1 SPI 消息格式

SPI 消息帧示例如 图 2-1 所示。每个消息帧分为：

- 指令：使用 16 位帧的低 8 位。
- 地址偏移：16 位（只需发送地址的低 16 位）。寄存器说明和地址请参阅 MSPM0G3507 技术参考手册。
- 数据掩码：32 位 - 两个 16 位帧，LSB 优先。
- Data: 32 位 - 两个 16 位帧，LSB 优先。

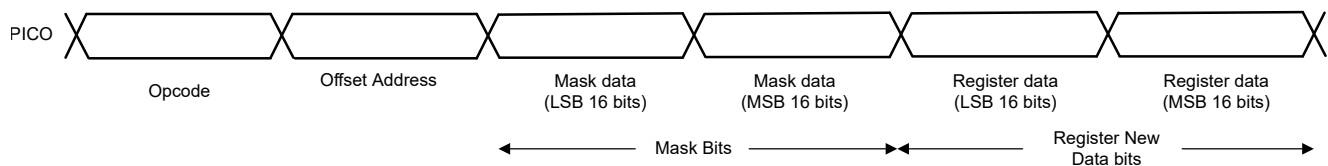


图 2-1. SPI 消息格式

2.1.1 SPI 命令

配置 CAN 模块所支持的命令列于 表 2-1 之中。

表 2-1. SPI 命令

指令	操作码	偏移地址	数据大小	掩码数据 LSB	掩码数据 MSB	Data LSB	Data MSB	详细信息
复位	16' h0020	未使用	未使用	未使用	未使用	未使用	未使用	复位 CAN 模块
电源使能和 CAN 配置	16' h0030	未使用	未使用	未使用	未使用	未使用	未使用	启用 CAN 模块电源并配置 CAN 消息 RAM
写入寄存器	16' h0080	来自 CAN 基地址的寄存器偏移	未使用	未使用	未使用	LSB 16 位	MSB 16 位	将数据写入 CAN 寄存器
读取寄存器	16' h0090	来自 CAN 基地址的寄存器偏移	未使用	未使用	未使用	未使用	未使用	从 CAN 寄存器读取数据
位修改寄存器	16' h0010	来自 CAN 基地址的寄存器偏移	未使用	LSB 数据的掩码位	MSB 数据的掩码位	LSB 16 位	MSB 16 位	修改 CAN 寄存器中的各个位
加载发送缓冲区	16' h0040	未使用	数据大小（以字节为单位）	未使用	未使用	未使用	未使用	将 CAN 帧写入 CAN TX 缓冲区
加载发送 FIFO	16' h0050	未使用	数据大小（以字节为单位）	未使用	未使用	未使用	未使用	将 CAN 帧写入 CAN TX FIFO
请求发送发送缓冲区	16' h0060	未使用	未使用	未使用	未使用	未使用	未使用	缓冲区添加请求至 TX 缓冲区元素
请求发送发送 FIFO	16' h0070	未使用	未使用	未使用	未使用	未使用	未使用	缓冲区添加请求至 TXFIFO 元素
读取接收 FIFO	16' h00B0	未使用	数据大小（以字节为单位）	未使用	未使用	未使用	未使用	从 RXFIFO 读取数据

表 2-1. SPI 命令 (续)

指令	操作码	偏移地址	数据大小	掩码数据 LSB	掩码数据 MSB	Data LSB	Data MSB	详细信息
读取接收缓冲区	16' h00D0	未使用	数据大小 (以字节为单位)	未使用	未使用	未使用	未使用	从 RXBUFFER 读取数据
读取状态寄存器	16' h00F0	未使用	数据大小 (以字节为单位)	未使用	未使用	未使用	未使用	读取接收状态位

读取寄存器、读取接收 FIFO、读取接收缓冲区和读取状态寄存器指令必须后跟获取接收数据指令。

2.1.2 指令集

位修改指令

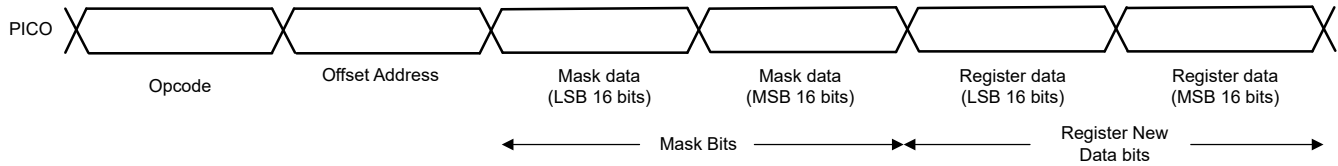


图 2-2. 位修改指令格式

操作码：0b0000000000010000

位修改指令用于设置或清除特定 CAN 寄存器中的单个位。掩码位决定寄存器中哪些位可以更改。掩码位 1 允许更改寄存器中的相应位，而掩码位 0 则阻止更改寄存器中的相应位。

复位指令

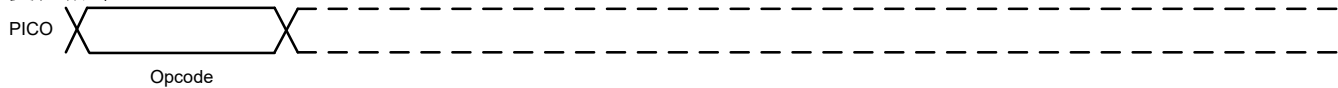


图 2-3. 复位指令格式

操作码：0b0000000000010000

复位指令可复位 SPI - CAN 桥接器器件中的 CAN 模块。若要复位 CAN 模块，则用户需要通过 SPI 协议发送相应的操作码。

电源使能和 CAN 配置指令：

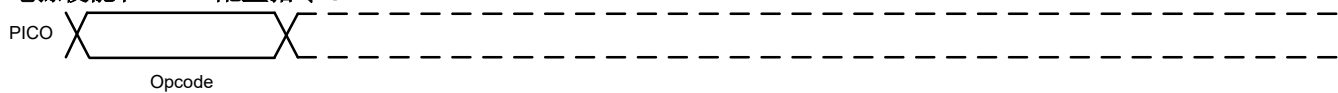


图 2-4. 电源使能和 CAN 配置指令格式

操作码：0b0000000000110000

电源使能和 CAN 配置指令用于为桥接器器件中的 CAN 模块供电。此外，一旦启用 CAN 模块，就可完成预定义的 CAN 消息 RAM 配置。

加载 TX 缓冲区指令：

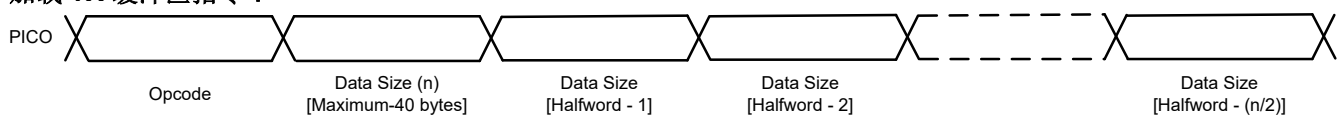


图 2-5. 加载 TX 缓冲区指令格式

操作码：0b00000000010000ab

加载 TX 缓冲区指令用于将 CAN 帧加载到所选发送缓冲区。发送缓冲区的选择可在操作码中编码。可根据指令字段中的 a、b 位选择四个发送缓冲区之一。

表 2-2. 加载 TX 缓冲区映射

a	b	缓冲区
0	0	缓冲区 - 0
0	1	缓冲区 - 1
1	0	缓冲区 - 2
1	1	缓冲区 - 3

加载 TX FIFO 指令：

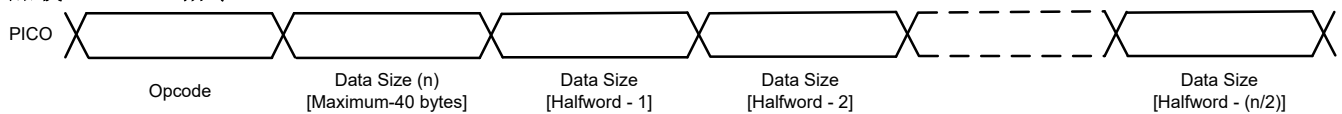


图 2-6. 加载 TX FIFO 指令

操作码：0b0000000001010000

加载 TX FIFO 指令用于将要发送的 CAN 帧加载到发送 FIFO 中。在将 CAN 帧加载到发送 FIFO 之前，用户必须确保发送 FIFO 未滿。

请求发送 TX 缓冲区指令

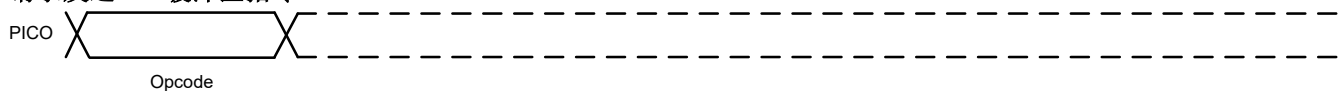


图 2-7. 请求发送 TX 缓冲区指令格式

操作码：0b00000000011000ab

请求发送 TX 缓冲区指令为四个发送缓冲区之一添加发送请求。发送缓冲区的选择可在操作码中编码。可根据指令字段中的 a、b 位选择四个发送缓冲区之一。

表 2-3. 请求发送 TX 缓冲区映射

a	b	缓冲区
0	0	缓冲区 - 0
0	1	缓冲区 - 1
1	0	缓冲区 - 2
1	1	缓冲区 - 3

请求发送 TXFIFO 指令

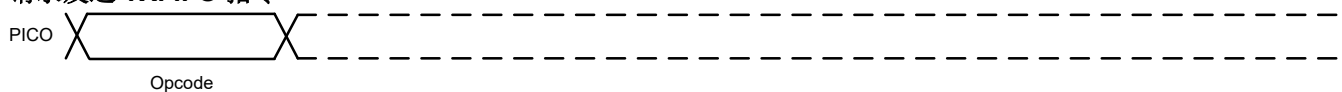


图 2-8. 请求发送 TXFIFO 指令格式

操作码：0b0000000001110000

请求发送 TX FIFO 指令根据发送 FIFO Put 索引为其中一个发送 FIFO 元素添加发送请求。在发送缓冲区添加请求之前，用户需确保发送 FIFO 有一个 CAN 帧。

写入寄存器指令

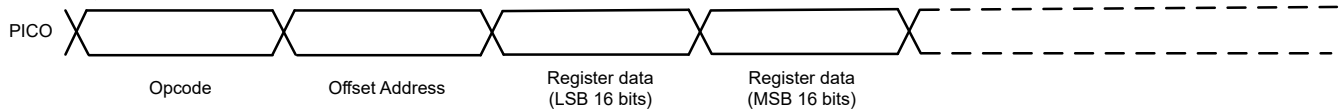


图 2-9. 写入寄存器指令格式

操作码：0b0000000010000000

偏移地址 - 指向要写入寄存器数据的寄存器地址。

写入寄存器指令用于通过 SPI 外配置 CAN 寄存器。根据偏移地址将数据写入相应的寄存器。

读取寄存器数据指令：

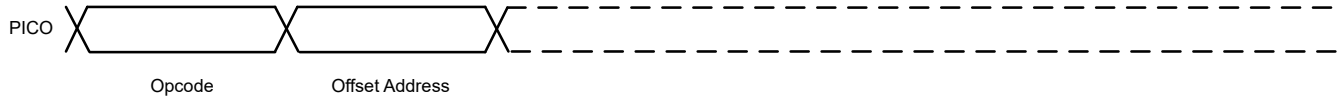


图 2-10. 读取寄存器数据指令格式

操作码：0b0000000010000000

偏移地址 - 指向要读取寄存器数据的寄存器地址。

读取寄存器数据指令用于从特定 CAN 寄存器中读取数据。读取寄存器数据指令只读取寄存器，但不发送。因此，每条读寄存器数据指令之后必须有一条获取寄存器数据指令。

获取寄存器数据指令：

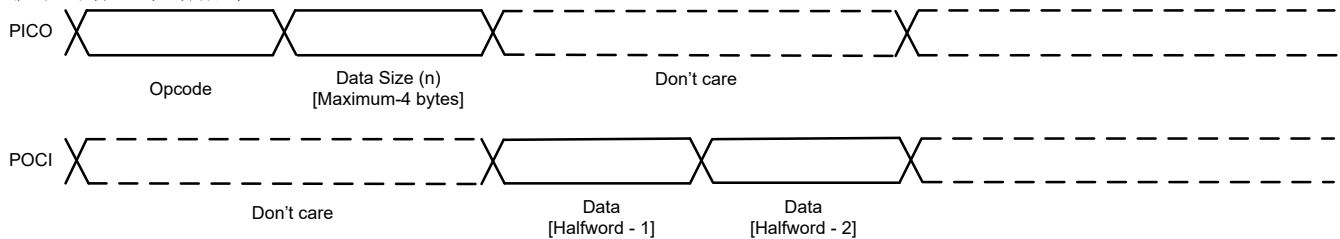


图 2-11. 获取寄存器数据指令格式

操作码：0b0000000010100000

获取寄存器数据指令会传输使用读取寄存器数据指令读取的寄存器值。

读取 RX 缓冲区数据指令：

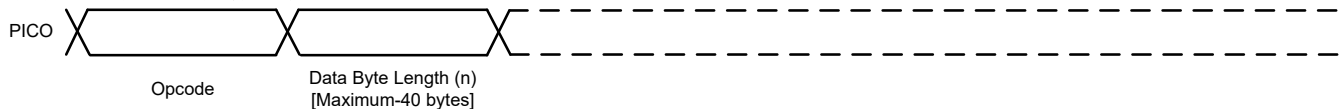


图 2-12. 读取 RX 缓冲区数据指令格式

操作码：0b00000000101100xy

当 SPI-CAN 桥接器从 CAN 网络接收到新的 CAN 帧时，SPI-CAN 桥接器会切换 GPIO 引脚（如 图 2-12 所示），以向 SPI 控制器表示接收到该帧。

要从 SPI-CAN 桥接器中的 CAN 模块 RX 缓冲区检索已接收的 CAN 帧，必须遵循以下顺序：

1. 首先，使用读取 RX 状态数据指令，然后使用获取 RX 状态数据指令来识别哪个 RX 缓冲区包含接收到的 CAN 帧。
2. 然后，执行读取 RX 缓冲区指令以访问缓冲区内容。请注意，该指令只读取缓冲区位置，并不传输数据。

3. 最后，执行获取 RX 缓冲区数据指令，以从缓冲区实际检索数据。

每个读取 RX 缓冲区指令必须与相应的获取 RX 缓冲区数据指令配对，才能完成数据传输。

RX 缓冲区选择可在操作码中进行编码。可根据指令中的 x、y 位从四个 RX 缓冲区中选择一个。

表 2-4. 读取 RX 缓冲区映射

X	y	缓冲区
0	0	缓冲区 - 0
0	1	缓冲区 - 1
1	0	缓冲区 - 2
1	1	缓冲区 - 3

获取 RX 缓冲区数据指令

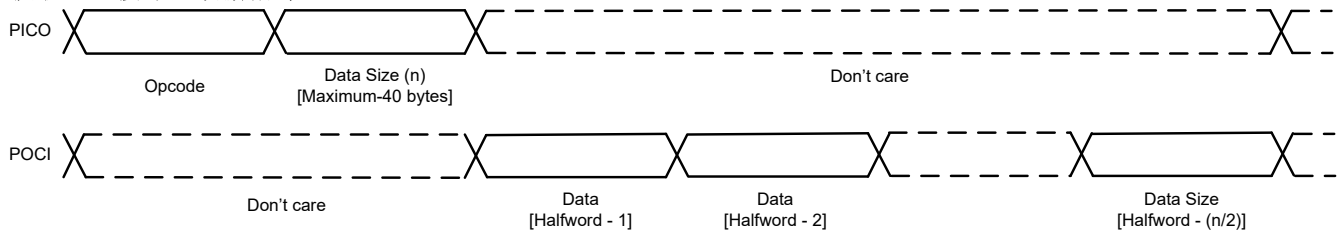


图 2-13. 获取 RX 缓冲区数据指令格式

操作码：0b0000000011000000

获取 RX 缓冲区数据指令传输使用读取 RX 缓冲区指令读取的 RX 缓冲区数据。

读取 RX FIFO 数据指令：

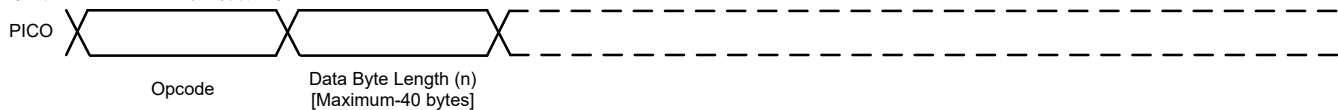


图 2-14. 读取 RXFIFO 数据指令格式

操作码：0b0000000011010000

当 SPI-CAN 桥接器从 CAN 网络接收到新的 CAN 帧时，SPI-CAN 桥接器会切换 GPIO 引脚（如 图 2-14 所示），以向 SPI 控制器表示接收到该帧。

要从 SPI-CAN 桥接器的 CAN 模块 RX FIFO 中获取已接收的 CAN 帧，必须遵循以下顺序：

1. 首先，使用读取 RX 状态数据指令，然后使用获取 RX 状态数据指令来获取有关 RXFIFO 状态的信息。
2. 然后，执行读取 RX FIFO 数据指令以访问 FIFO 元素的内容。根据 RX FIFO Get 索引，选择 Rx FIFO 元素，并将数据读取并存储在数组中。请注意，该指令只读取 FIFO 元素位置，并不传输数据。
3. 最后，执行获取 RX FIFO 数据指令，以从 FIFO 中实际检索数据。

获取 RX FIFO 数据指令：

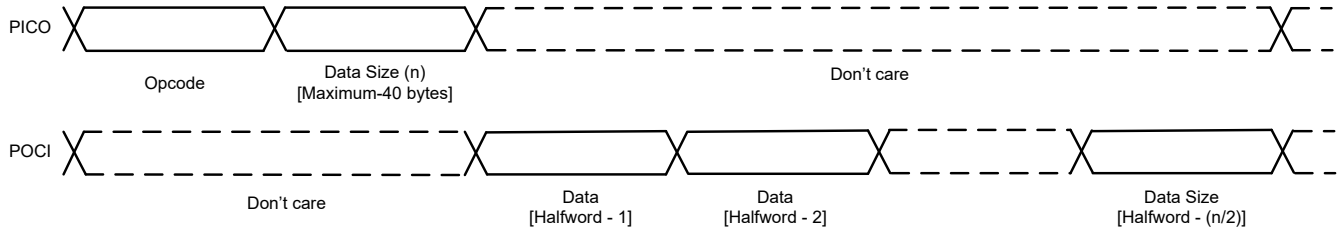


图 2-15. 获取 RXFIFO 数据指令格式

操作码：0b0000000011100000

获取 RX FIFO 数据指令发送使用读取 RX FIFO 指令读取的 RX FIFO 数据。

读取接收状态数据指令

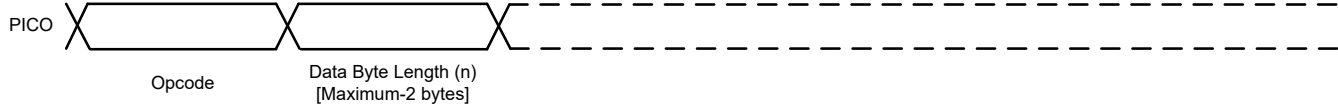


图 2-16. 读取接收状态数据指令格式

操作码：0b0000000011100000

读取接收状态数据指令用于从 SPI 向 CAN 设备获取 CAN 模块的状态位。作为对该指令的响应而接收的数据位的含义如 图 2-17 所示。

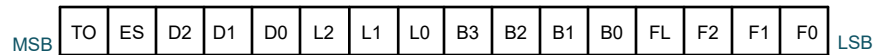


图 2-17. 状态位指示

- **B0 - B4**：来自 NDAT 寄存器的 RX 缓冲区新数据状态。每个位指示对应 RX 缓冲区的状态。1：相应的 Rx 缓冲区具有 CAN 帧。0：相应的 Rx 缓冲区为空。
- **FL**：指示 CAN RXFIFO 满标志状态。1：RXFIFO 已满。0：RXFIFO 未滿。
- **F2、F1、F0**：指示 CAN RXFIFO 填充级别。1：相应的 Rx FIFO 具有 CAN 帧。0：相应的 Rx FIFO 为空。
- **L2、L1、L0**：指示 CAN 协议中的 LEC (最后错误代码) 位。

表 2-5. 最后错误代码 (LEC) 位诊断映射

LEC 位[L2、L1、L0]	错误代码
000	无错误
001	填充错误
010	格式错误
011	应答错误
100	Bit1 误差
101	Bit0 误差
110	CRC 误差
111	没有变化

- **D2、D1、D0**：指示 CAN 协议中的 DLEC (数据段最后错误代码) 位。错误代码与 LEC 相同。
- **ES**：指示上一条指令的错误状态。1：接收上一条指令时出错。0：接收上一条指令时无错误。
- **TO**：上一条指令的超时状态。1：上一条指令发生超时。0：上一条指令未发生超时

获取接收状态数据指令

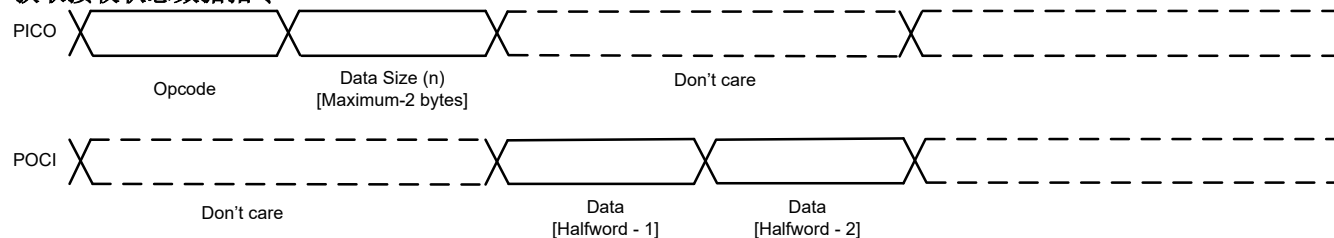


图 2-18. 获取接收状态数据指令格式

操作码：0b00000000000001000

获取 RX 状态数据指令用于接收已通过读取 RX 状态数据指令读取并存储在变量中的 RX 状态数据。

2.2 超时特性

SPI-CAN 桥接器通过以下行为实现超时保护：

- 消息超时：
 - 若在五秒钟内未收到完整指令。
 - 桥接器触发超时。
 - 不完整的指令将被丢弃。
- 缓冲区加载超时：
 - 若在 TX 缓冲区或 FIFO 加载期间发生超时。
 - 部分数据可写入消息 RAM。
 - 对同一缓冲区的后续发送指令从头开始。
 - 之前的不完整数据将被有效丢弃。

外部 SPI 控制器可使用 *读取接收状态指令* 来检查超时事件。这使得控制器采取适当的恢复操作。

2.3 错误指示

在以下情况下会生成错误：

- 当桥接器件接收到的指令无效（接收到的指令操作码不在指令列表中）。
- 当桥接器件接收到的偏移地址无效（接收到的偏移地址与 CAN 寄存器地址无关）。

外部 SPI 控制器可使用 *读取接收状态指令* 来检查前一条指令的错误指示。

2.4 忙状态指示

SPI-CAN 桥接器使用 GPIO 引脚来指示忙状态：

1. 在以下情况下，BUSY 引脚会置为有效：
 - 从 SPI 控制器接收操作码。
 - CAN 网络活动正在进行中。
2. 在以下情况下，BUSY 引脚会解除有效：
 - 当前指令处理完毕。
 - CAN 传输结束。

重要提示：当 BUSY 引脚置为有效时，外部 SPI 控制器不得发起新的传输事务。此举可防止冲突并保持可靠的数据传输。

2.5 消息 RAM 配置

当接收到电源使能和 CAN 配置指令时，会设置预定义的 CAN 消息 RAM 配置。默认消息 RAM 配置如 图 2-19 所示。

0x0000	11-Bit Filter
0x0024	29-Bit Filter
0x0088	TX Buffers
0x0128	TX FIFO
0x01D8	RX FIFO
0x0288	RX Buffers

图 2-19. 消息 Ram 配置

消息 ID、发送 FIFO 和发送缓冲区可由外部 SPI 主器件进行配置，详见 [节 2.1.1](#)。

2.6 测试环境

测试环境详见 图 2-20；SPI-CAN 桥接器在 MSPM0G3507 评估板上实现，而外部 SPI 控制器在另一个 MSPM0G3507 评估板上实现。SPI-CAN 桥接器通过 CAN-PHY 连接到外部节点。

引脚连接

表 2-6. 引脚连接

器件	引脚功能	引脚编号
MSPM0G3507 - SPI 控制器	SCLK	PA17
	PICO	PA18
	POCI	PA16
	CS	PB1
	忙状态	PB7
	CAN 新消息接收指示	PB8
MSPM0G3507 - 桥接器	SCLK	PA17
	PICO	PA18
	POCI	PA16
	CS	PB1
	忙状态	PB7
	CAN 新消息接收指示	PB8
	CAN_TX	PA12
MSPM0G3507 - CAN 节点	CAN_TX	PA12
	CAN_RX	PA13

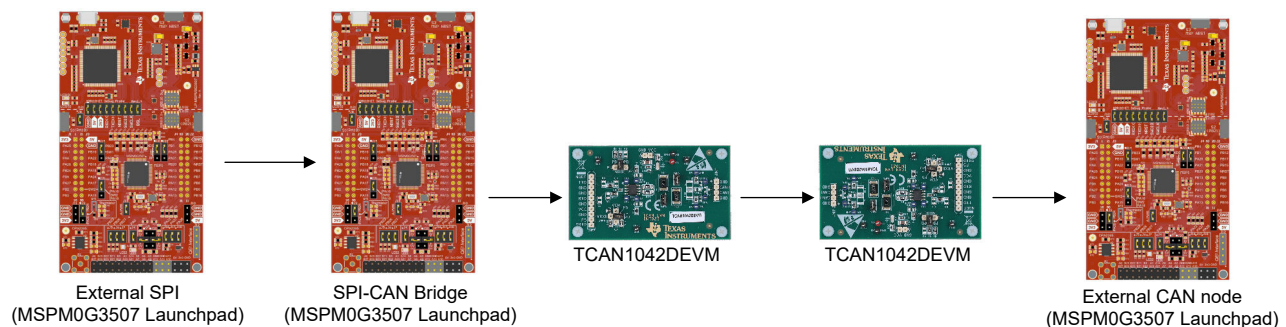


图 2-20. SPI-CAN 桥接器的测试设置

应用代码可从 [MSPM0-SDK 软件开发套件 \(SDK\) | TI.com](#) 下载。

3 参考资料

- [MSPM0G3507 数据表、产品信息和支持 | 德州仪器 TI.com.cn](#)
- [LP-MSPM0G3507 评估板 | 德州仪器 TI.com.cn](#)
- [TCAN1042DEVM 评估板 | 德州仪器 TI.com.cn](#)
- [MSPM0-SDK 软件开发套件 \(SDK\) | TI.com](#)

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司